

МАГНИТНЫЕ МИКРОСФЕРЫ В ИМПАКТИТАХ И ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ

Глухов М.С.¹, Сунгатуллин Р.Х.¹, Цельмович В.А.²

¹Казанский федеральный университет, г. Казань, gluhov.mikhail2015@yandex.ru

²Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН, Ярославская область, пос. Борок

Начало исследований космической пыли (КП) связано с концом 19 века, когда исследователи обнаружили частицы КП (в частности, магнитные микросферы) на поверхности ледовых покровов Арктики [Nordenskjold, 1874] и в глубоководных океанических глинах [Murray, 1876]. В настоящее время находки космического вещества стали многочисленными в разных депонирующих средах: аллювий современных рек, древние осадочные породы, импактиты, снежные покровы Антарктиды и др. [Виленский, 1872; Львов, 1967; Осовецкий, Меньшикова, 2006; Карпов, Мохов, 2010; Сунгатуллин и др., 2015; Макаров и др., 2017; Цельмович и др., 2019; Kadyrov et al., 2019]. Происхождение данных объектов вызывает споры в научном сообществе, и среди основных гипотез рассматриваются природные (земные), космические и техногенные процессы [Nordenskjold, 1874; Murray, 1876; Виленский, 1872; Львов, 1967; Осовецкий, Меньшикова, 2006; Карпов, Мохов, 2010; Сунгатуллин и др., 2015; Макаров и др., 2017; Цельмович и др., 2019; Kadyrov et al., 2019].

Одним из местонахождений КП является торф, который получает минеральные частицы преимущественно из атмосферы, и поэтому может служить хорошим накопителем космического вещества [Львов, 1967; Цельмович и др., 2019]. Настоящее сообщение посвящено исследованию и сравнению магнитных микросфер из современного торфа, пермских эвапоритов и импактитов.

Объектами исследования явились магнитные микросферы: 1) из торфа Обуховского болота в Ярославской области (глубина отбора пробы 0.5 м, 30 микросфер); 2) из импактитов (зювитов) кратера Попигай (1 микросфера) и Рис, Германия (10 микросфер); 3) пермских эвапоритов Камско-Устинского месторождения гипса (25 микросфер) и Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (27 микросфер). Объекты для исследований любезно предоставлены коллегами из ГЕОХИ РАН (А.В. Корочанцев, импактиты), КФУ (Р.И. Кадыров, гипс Камско-Устинского месторождения) и ЦНИИГеолнеруд (А.К. Вишняков, соли Верхнекамского месторождения).

Образцы импактитов Попигай (размер образца 17×13×13 мм), Рис (12×9×7 мм) и гипса Камско-Устинского месторождения (6×3×3 см) перед дроблением

исследовались на рентгеновском микротомографе Phoenix V|tome|X S 240 с нанофокусной рентгеновской трубкой с максимальным ускоряющим напряжением 180 kV и мощностью 15 W (КФУ, оператор Е.О. Стаценко) для обнаружения в породах объектов с повышенной плотностью (железооксидных микросфер). Соли Верхнекамского месторождения предоставлены в виде порошковых проб. Магнитные микросферы отбирались с помощью неодимового магнита. Исследования поверхности микросфер проводились с применением электронного микроскопа Tescan Vega II с микронзондовым анализатором (ГО «Борок» ИФЗ РАН, В.А. Цельмович), электронного микроскопа Phillips XL-30, оснащенного энергодисперсионным спектрометром (КФУ, оператор Б.М. Галиуллин) при ускоряющем напряжении 20 кэВ и рабочем отрезке 8.9–15 мм, глубине зондирования 1.0–1.5 мкм и пределе измерения 10⁻² %.

С помощью микротомографа в импактитах (рис. 1) и в гипсе Камско-Устинского месторождения [Kadyrov et al., 2019] обнаружены вкрапления рентгеноплотных минералов (железооксидных магнитных микросфер). Подобные факты являются прямым свидетельством «природности» магнитных микрочастиц и позволяют не рассматривать их техногенное происхождение.

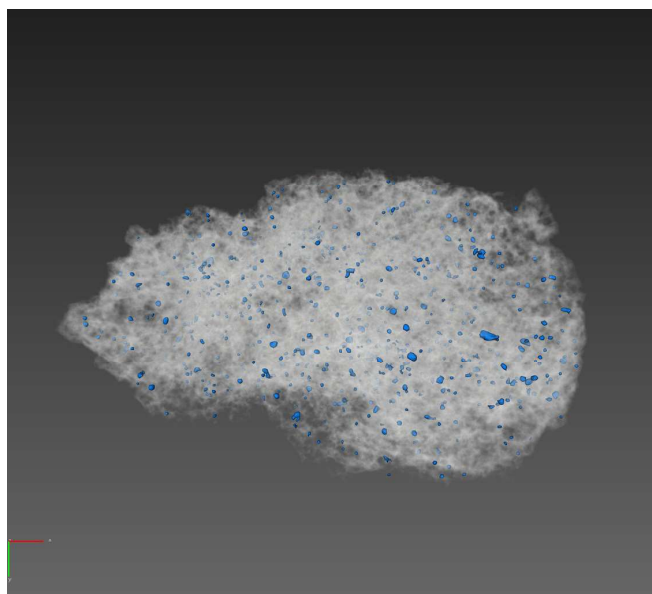


Рис. 1. Томографический снимок импактита из кратера Рис:
синий цвет – вкрапления рентгеноплотных минералов

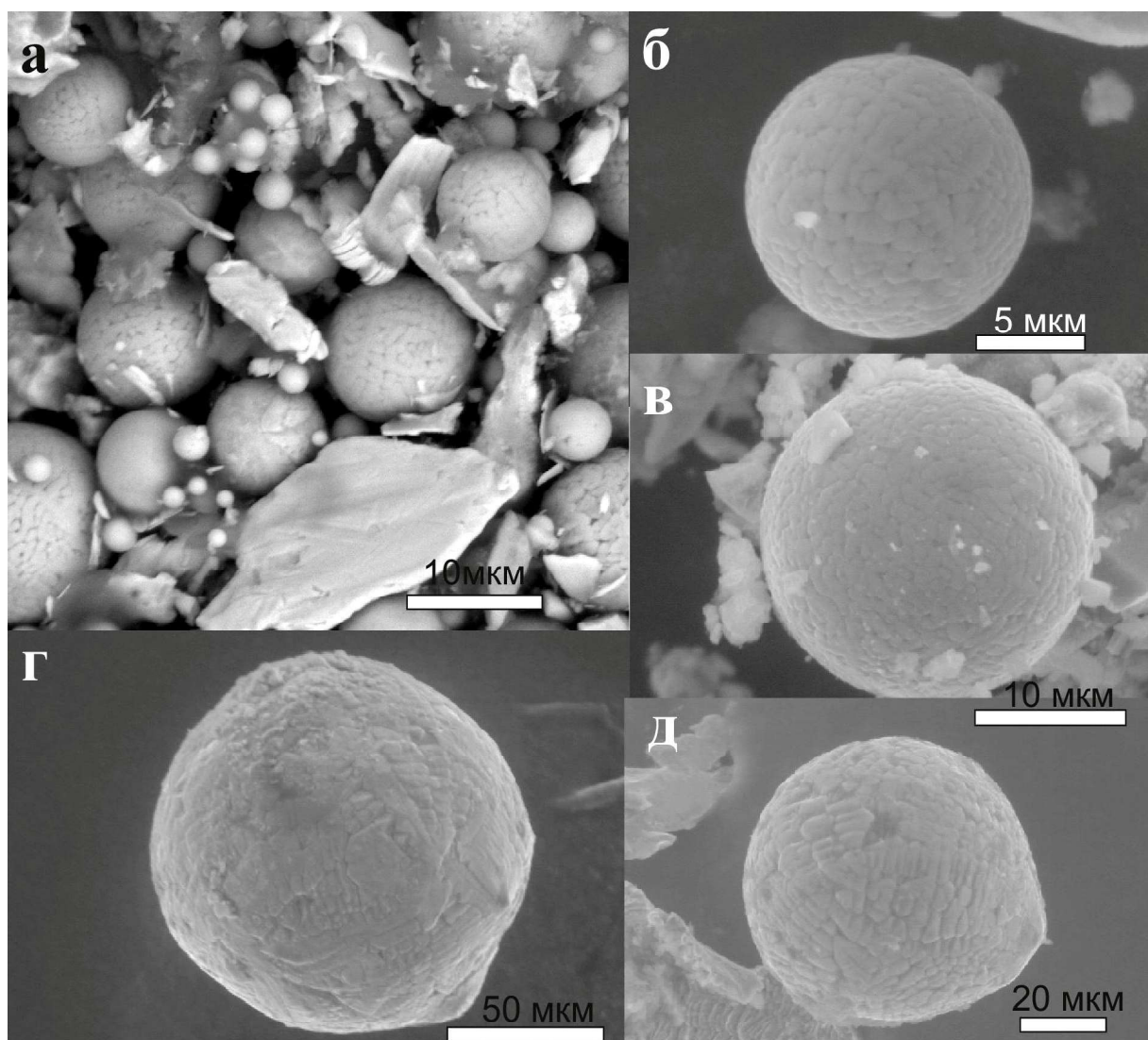


Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки микросфер:

а – торф Обуховского болота; б, в – эвапориты (б – Камско-Устинское месторождение гипса, в – Верхнекамское месторождение калиево-магниевых солей); г, д – ударные кратеры (г – Рис, д – Попига́й)



Рис. 3. Химический состав микросфер:

1 – эвапориты, 2 – торф, 3 – импактиты

Сканирующей микроскопией выявлено (рис. 2), что все микросферы имеют идеальную сферичную форму, размеры микросфер из торфа и эвапоритов составляют 5–150 мкм, микросферы из импактитов более крупные – 50–300 мкм. Поверхность микросфер, чаще всего, имеет дендритовую или мозговидную текстуры, реже поверхность представлена многоугольниками

(пентагоны, гексагоны) или она гладкая. Предварительно намечается зависимость текстурного рисунка поверхности микросфер от содержания железа: чем больше железа, тем более гладкая поверхность микросферы.

Микрозондовые исследования показали, что главные элементы микросфер — это железо и кислород, их количественное содержание в микросферах варьирует относительно друг друга и отвечает магнетиту, вюстититу и самородному железу (рис. 3). Подобный состав характерен для микросфер, которые образуются при абляции метеоритов, ударных событиях и выпадающей КП [Nordenskjöld, 1874; Murray, 1876; Львов, 1967; Сунгатуллин и др., 2015; Цельмович и др., 2019]. Обращает внимание, что микросферы из солей относятся к вюстититу и самородному железу, что может говорить о специфике эвапоритового бассейна и условиях сохранения эвапоритовых толщ в восстановительной обстановке.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. С помощью рентгеновской микротомографии подтверждено природное происхождение микросфер.

2. По составу поверхности микросфер их можно отнести к объектам космического происхождения.

3. Намечаются текстурные и химические критерии для разделения магнитных микросфер по способам их образования.

В ближайшем будущем предусмотрены исследования внутреннего строения и состава микросфер из торфа и эвапоритов с помощью рентгеновской томографии и в полированных шлифах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виленский В.Д. Сферические микрочастицы в ледниковом покрове Антарктиды // Метеоритика. М.: «Наука», 1972. Вып. 31. С. 57–61.
2. Карпов Г.А., Мохов А.В. Микрочастицы самородных металлов, сульфидов и оксидов в андезитовых пеплах Карымского вулкана // Вулканология и сейсмология, 2010. № 3. С. 19–35.
3. Львов Ю.А. О нахождении космического вещества в торфе // Проблема Тунгусского метеорита. Томск: изд. Томск. ун-та, 1967. С. 140–144.
4. Макаров А.Б., Осовецкий Б.М., Антонова И.А. Магнитные сферулы из почв вблизи шлакового отвала Нижнетагильского металлургического комбината // Известия УГГУ. 2017. Вып. 4 (48). С. 42–45.
5. Осовецкий Б.М., Меньшикова Е.А. Природно-техногенные осадки. Пермь: Пермский государственный университет, 2006. 209 с.
6. Сунгатуллин Р.Х., Сунгатулина Г.М., Глухов М.С., Осин Ю.Н., Воробьев В.В. Возможности использования космических микросфер при корреляции нефтегазоносных отложений // Нефтяное хозяйство. 2015. № 2. С. 16–19.
7. Цельмович В.А., Куражковский А.Ю., Казанский А.Ю., Щетников., А.А., Бляхарчук Т.А., Филиппов Д.А. Исследования динамики поступления космической пыли на земную поверхность по торфяным отложениям // Физика Земли. 2019. № 3 (в печати).
8. Kadyrov R., Glukhov M., Statsenko E., Galiullin B. Enigma of Ferruginous Inclusions in Evaporites. // Proceedings of the 1st Springer Conference of the Arabian Journal of Geosciences (CAJG), Tunisia (2018). Petrogenesis and Exploration of the Earth's Interior. Advances In Science, Technology & Innovation, 2019. P. 97–99.
9. Murray I. On the distribution of volcanic debris over the floor of ocean // Proceedings of the Royal Society. Edinburgh, 1876. Vol. 9. P. 247–261.
10. Nordenskjold A.E. On the cosmic dust which falls on the surface of the Earth with the atmospheric precipitation // Philosophical magazine, 1874. Vol. 48. P. 546.